

作者介绍:陆茂成,高级工程师,现任铁道部隧道工程局科学研究所隧道环境控制研究室主任。多年来一直从事公路、铁路隧道通风防尘以及城市地铁环境控制的设计研究工作。曾获得全国勘察设计银质奖、铁道部科技进步二等奖、河南省建筑科学技术进步一等奖,两次获得国家专利,被吸收为中国发明协会会员、中国工业防尘学会矿山通风防尘分会学术委员。在全国公开发行人物上发表论文15篇,参加了《隧道设计手册》、《衡广铁路复线修建技术总结》的编写工作。被聘为《西部探矿工程》杂志的副总编辑。

人造粉尘初层在袋式除尘中的作用

陆茂成 葛非池

(铁道部隧道局科研所,洛阳,471009)

摘要 阐述了袋式除尘机理中,粉尘过滤粉尘的重要性,着重介绍了一种创新的人造粉尘初层的预容尘技术。

关键词 袋式除尘;人造粉尘初层;预容尘技术

1 袋式除尘机理简述

滤料是袋式除尘的过滤介质,由它来实现对气流中尘粒的捕集,尘粒在随气流穿过滤料时,会发生惯性碰撞、布朗扩散、截留效应、重力沉降、静电沉降等作用,将粉尘阻留在滤料上,从而被滤料捕获。根据滤料的厚度,又分为内部过滤和表面过滤,如滤料具有一定厚度的填充层,粉尘在填充层内部被捕捉,称为内部过滤,反之则为表面过滤^[1],如图1所示。

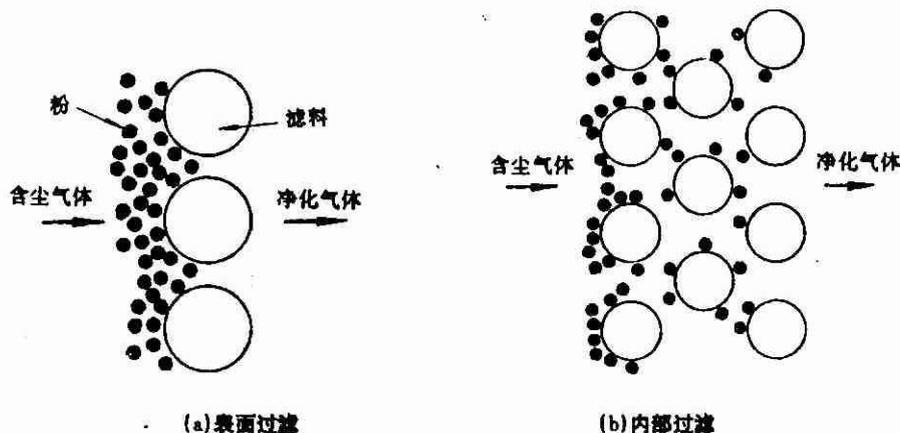


图1 过滤方式示意图

对于机织滤料以表面过滤为主,非机织滤料除有表面过滤的作用外,还有内部过滤的作用。在滤料过滤过程中,粉尘在上述碰撞、扩散等几种作用之下,聚积在滤料上,形成了一次粉尘层,亦称为粉尘初层,此时在滤料与粉尘初层的共同作用下,除尘效率最高。在未形成粉尘初层之前,新的洁净滤料除尘效率是不高的,一般只有 50%~80%,这是因为滤料存在着较大的空隙,其空隙率一般占 50%~80%,当其空隙孔眼尺寸大于粉尘粒径 10 倍以上时,捕尘性能是不好的。而滤料的孔径为 20~50 μm ,因此需要粉层在孔眼内搭桥,形成粉尘层,才能提高除尘效率,滤料起到支撑粉尘的作用,粉尘堆积越多,除尘的效率也越高(见图 2)。

滤料在清灰以后,因粉层脱落的程度不同,其除尘效率也是变化的,见图 3。

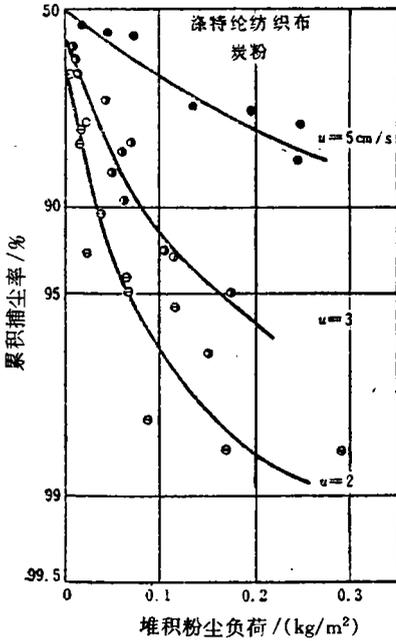


图2 收尘效率的提高与堆积粉尘负荷的关系

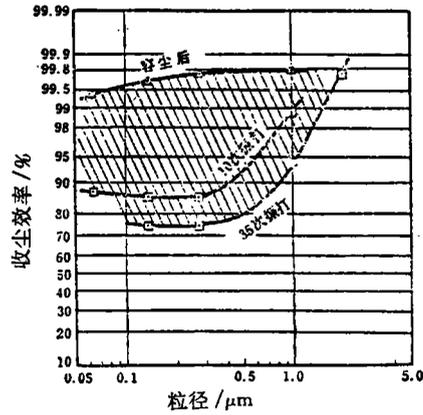


图3 收尘效率

单对滤料而言,纤维细、孔径小的滤料,收尘率较高。当较好的粉尘初层形成之后,在滤料的共同作用下,即使 1 μm 以下的粉尘也可达到 99.9% 以上的除尘效率,袋式除尘的高效就体现在此。而粉尘初层的稳定性,除粉尘的粘结性之外很大程度取决于滤料的孔径和空隙率。因此,不同的滤料荷尘后有不同的透过率和除尘效率。在袋式除尘中,粉尘初层除尘的重要作用大于滤料本身的作用,已成为人们的共识,见图 4。

2 预容尘技术介绍

前面分析了粉尘初层在袋式除尘器中的作用及重要性,在袋式除尘器正常工作期间,粉尘初层堆积粉尘的数量是呈周期变化的。清灰结束后,堆积的粉尘最少,此时除尘机的阻力也最小,除尘效率也最低。随着粉尘数量的增加,直至第二次清灰之前,堆积的粉尘最多,阻力也最大,除尘效率也最高。因此袋式除尘器的阻力和除尘效率都是呈锯齿状周期变化的,其变化的幅度不但与清灰的强度有关,还与粉尘初层的稳定性有很大的关系。

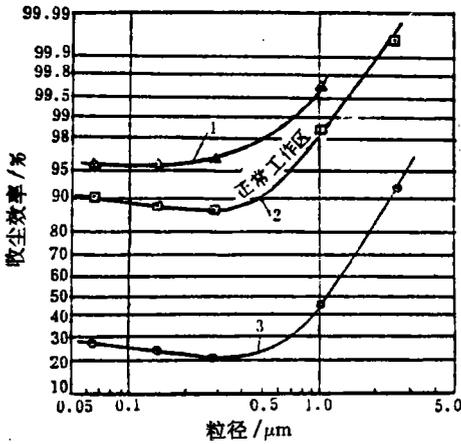


图4 滤料不同状态下的除尘效率

1—积尘的滤料;2—振打后的滤料;3—洁净滤料

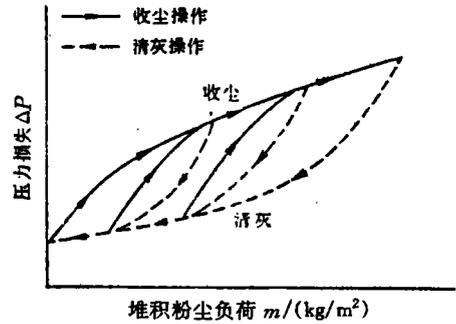


图5 压力损失的清灰特性

预容尘技术就是根据粉尘初层形成及稳定性在袋式除尘中的重要性而创新的人造粉尘初层工艺。现介绍如下:

预容尘技术是将配制好的粉剂,用特殊工艺容进已缝制好的滤袋滤料内部,再用粘结剂固定,达到滤袋未使用前就已具有高效收尘的能力。

经预容尘处理后的滤袋在使用前形成了稳定的粉尘初层,比自然形成的粉尘初层有两方面的优越性:一是预容尘在形成粉尘初层方面,可以选择透气性好、不易结块的粉剂,甚至可以选用阻燃、抗静电粉剂,容尘量也可控制,并且比自然形成粉尘初层过程的时间短,克服了新滤料前期除尘效率不高的弊病;二是在粉尘初层稳定性方面,预容尘的粉剂经粘结剂固定,稳定性好,不会因反吹清灰过度而减少粉尘的堆积量。使得袋式除尘效率在两次清灰之间变化的锯齿波趋于平坦,稳定在高效区域,提高了除尘效率。

可见,新滤袋的预容尘和旧滤袋的自然荷尘,在性质、数量、方法上是有根本区别的,现列表对照比较(见表1)。

表1 新、旧滤袋荷尘对照表

新袋预容尘	旧袋荷尘
1. 粉尘分散度可选择	分散度被固定
2. 可选用阻燃、抗静电阻力小的粉尘	粉尘性质不可改变
3. 容尘量大(针刺毡 500g/m)	容尘量小
4. 清灰过渡,容尘量不减	清灰过渡,荷尘量减少
5. 短时间使滤袋内部容尘	长时间才能形成初尘
6. 不易结块堵塞	较易结块堵塞

预容尘技术中按人的意志改善滤料的除尘性能;预容尘技术将滤料眼孔用粉剂搭桥后,直径缩小了,气流通道也变得复杂和曲折,过滤除尘中碰撞、截留、扩散等机理都得到加强。滤料变得密实后,粉尘被阻留在滤料表面的增多,清灰性能也得到提高,由于人造粉尘层有较好的稳定性,还可以根据需要增加清灰的频率和力度。

经预容尘处理后的滤料,阻力和透气性经上海纺科院测试中心测定,其性能改变达20倍以上,见表2、表3。

表2 丙纶不等量预容尘测试结果

编号	在下列风速(m/min)时的阻力/Pa								透气量 /($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
1	88.2	98.0	127.4	166.6	196.0	225.4	245.0	294.0	260.0×10^{-3}
2	362.6	480.2	588.0	705.6	823.2	950.6	1029	1166.2	67.1×10^{-3}
3	156.8	235.2	392.0	450.8	509.6	607.6	695.8	803.6	99.0×10^{-3}
4	127.4	176.4	225.4	274.4	333.2	392.0	441.0	499.8	151.2×10^{-3}
5	14.7	19.6	29.4	29.4	39.2	44.1	49.0	58.8	1277.5×10^{-3}

注:透气量测试条件,压力差为980Pa;5号为未容尘丙纶针刺毡。

表3 729、208滤料预容尘测试结果

编 号	项 目	阻 力/Pa			透 气 量 /($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)
		风速 3m/min	风速 4m/min	风速 5m/min	
729		70.6	93.2	117.7	724.0×10^{-3}
729'		411.9	539.4	686.5	118.1×10^{-3}
729''		402.0	529.6	666.9	122.8×10^{-3}
208		53.9	73.5	90.2	908.0×10^{-3}
208'		1265.1	1667.1	2137.8	37.2×10^{-3}
208''		225.6	294.2	382.5	214.5×10^{-3}

铁道部隧道局科研所与浙江海宁除尘设备厂研制的隧道干式除尘机,用预容尘技术处理的丙纶针刺毡作滤袋,在过滤风速5m/min的情况下静态除尘效率达99.7%,(试验粉尘为425#水泥),包括清灰过程在内的动态除尘效率为99.54%,见表4。

表4 预容尘处理效果测定表

测点	发生浓度 /(mg/m)	过滤风速 /(m/min)	阻 力 /Pa	排放浓度 /(mg/m)	除尘效率 /%	平均效率 /%	清灰状态
1	2000	2.8~3.9	1568~1813	2.79	99.91	99.79	静 态
2	2000	2.60	1793.4~1960	4.22	99.89		
3	2000	5.00~4.50	2156~3185	4.79	99.77		
4	2000	5.32~4.90	1960~3185	3.11	99.80		
5	2000	5.50~4.90	1911~3430	7.93	99.59	99.74	静 态
1	500	4.49~3.96	1352.4~1764	4.51	99.24		
2	500	4.11~3.60	1470~1783.6	0.53	99.92		
3	500	4.13~3.57	1440.6~1862	0.34	99.95		
4	500	4.34~3.43	1509.2~1764	1.88	99.71		
5	500	4.36~3.53	1470~1764	0.603	99.90	99.54	动态,0.25MPa 压力清灰,间隔 13s。
1	500	4.17~4.16	1568~1617	3.39	99.44		
2	500	4.17~4.16	1568~1671	6.57	98.91		
3	500	4.17~4.16	1568~1671	3.38	99.27		

上海水泥厂包装车间一台袋式除尘机因场地空间限制,选用了比设计小一号的机组,试图以提高过滤风速的办法满足处理风量,结果导致风机叶片因粉尘穿透,粘附粉尘过多,失去平衡,发生剧烈振动,风机基础松动。采用预容尘滤袋以后,冒灰现象消失,风机恢复正常运转。

预容尘直接费用 10 元/m² 左右,改造方法方便经济。

3 国外在滤袋上采用人造粉尘初层实例

据介绍,国外滤料大都在织造好以后根据用户使用要求进行再处理,也叫后处理技术,常见的后处理工艺有烧毛、打光、涂硅油、用树脂覆盖、作静电处理等,其中人造初层技术也属滤料后处理范畴,现就美国、日本的人造粉尘初层工艺介绍如下。

美国有一种预附层技术,是用喷射机构将一种叫做 Neutralite 的粉料,在过滤烟尘前喷入除尘机,使其在滤料上形成一层约 1.6mm 厚薄层,密度为 160kg/m³,每千克可覆盖 4m² 的滤料,其试验结果见表 5。

表 5 Neutralite 试验结果

试验时间 /h	阻力/Pa		效率/%	
	有预附层	无预附层	有预附层	无预附层
2	100	489	99.88	93.47
4	200	1000	99.80	99.74
9	224	1070	99.85	99.74

有预附层的滤料对比无预附层的滤料有以下优点:(1)可提高除尘效率;(2)可提高过滤风速;(3)可降低阻力;(4)可吸附有害气体;(5)可防止糊袋;(6)可延长滤袋寿命。

日本在滤袋上采用人造初层技术,有两种较成熟的机型,一种是预附纤维层袋式收尘器 TDC—II 型,另一种是预涂层袋式收尘器。预附纤维层袋式收尘器,是将比表面积大的不易被压实的粉尘作为助滤剂,涂在滤料的内侧面,并认为纤维性粉尘是较好的助滤剂,多用于高效空气过滤器,使其对低含尘气体有较高的收尘率,过滤风速可提高至 2.1~2.5m/min。预附纤维层袋式收尘器 TDC—II 型的除尘性能见表 6。

表 6 预附纤维层收尘器性能表

型 式		TDC—40U	TDC—50U	TDC—75U
型 号		152	202	203
处理气体量/(m ³ /min)		500—750	750—1000	1000—15000
滤袋	尺 寸/mm	Φ133×3200		
	条 数	288	384	576
	过滤面积/m ²	363	484	726
预涂层剂	预 涂 剂/kg	19	25	38
	助 滤 剂/kg	169	225	338
清灰装置传动电机		机械振动方式		
		0.4kW×4P×2 台	0.75kW×4P×2 台	0.75kW×4P×2 台
粉尘排出装置		闸板阀×2		闸板阀×3
漏斗数		2		3

预附纤维层袋式收尘器多用于精密机器的装置厂、电气室、制氧厂、制药厂净化室、大型空

气压缩机入口、高炉鼓风机等需要大量清洁空气的场所,也可用于铅、镉等重金属的回收,其性能见表7。

表7 预附纤维层袋式收尘器的实用数据

粉 尘	入口浓度/(mg/Nm)	出口浓度/(mg/Nm)
大气浮游粉尘	1.02	0.03
工厂浮游粉尘	1.48	0.11
碳 黑	3.68	0.15
JIS第8种粉尘	52.78	0.48
铅粉工厂粉尘	387.53	0.04
汽车排气粉尘	10.05	0.11
空 气	0.2	0.002

预涂层袋式收尘器的人造初层的情况如图6所示,其装置如图7所示。

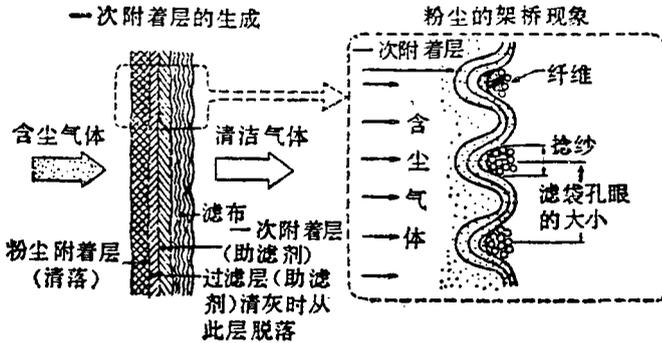


图6 预涂层滤布

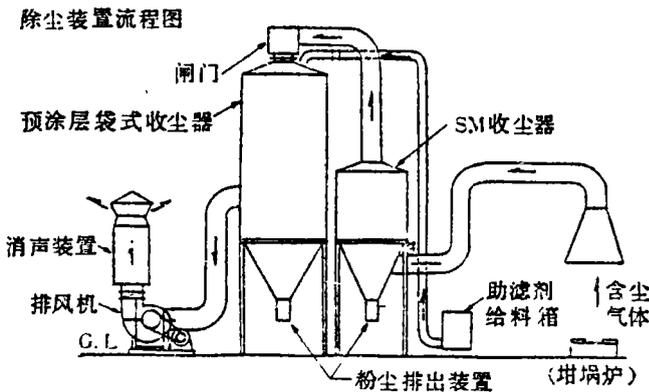


图7 工艺流程图

它是由 SM 预收尘器、预涂层袋式收尘器、助滤剂自动供给装置组成的,它与一般的袋式除尘器不同,虽在另外形成一性能良好的一次附着层之后再行过滤,在入口含尘量比较少和没有火星飞向收尘器的情况下,可以不用 SM 收尘器。

清灰的时候,粉尘和预涂层一起被清落,清灰之后,助滤剂自动供给装置进行添加作业。

其优点是:(1)由于有助滤剂的作用,滤布的寿命较长;(2)处理过去不能处理的含有焦油成分、油成分、聚氯乙烯蒸气等气体也能处理;(3)有助滤剂的作用,烟雾状超细粉尘也易捕集,露点以下以及其有粘着性、固着性的粉尘也比较容易处理;(4)根据助滤剂的性质,对酸性气体起到中和作用。

4 预容尘技术应用前景

预容尘技术通过理论和实践都证明是先进、实用、经济的,经预容尘处理后的滤料,可以提高过滤风速,在新设计袋式除尘机时,便可缩小除尘机体积,减少耗钢量。对现有的袋式除尘机稍加改造,就能增加处理风量,如只更换布袋,也可减少出口浓度,易于达到大气排放标准的要求。经中国科学技术信息中心、国际联机检索证明,属创新技术。预容尘技术适合我国国情,必将在环保事业中发挥更大的作用。

预容尘的粉剂主要附着在滤料内部,与日本、美国涂在滤料表面的人造粉尘初层还不尽相同,其中3种技术无法在相同条件下测试比较,但先进性是显而易见的。为赶上国外的滤料后处理先进技术,我国应进行更深入的包括人造粉尘初层在内的后处理技术的研究和现场试用。

参 考 文 献

- 1 谭天佑,梁凤珍编.工业通风除尘技术.北京:中国建筑工业出版社,1993
- 2 胡鉴中,隋鹏程编译.袋式除尘器手册.北京:中国建筑工业出版社,1984
- 3 谭天佑.美国除尘设备概观——袋式除尘器应用.全国空气污染治理装备技术学术会议论文集,1991

Effect of Initial Layer of Artificial Dust on Bag - type Collection

Lu Mancheng Ge Feichi

(Institutc of Tunnel Engineering Bureau, Railway Ministry)

Abstract The importance of the dust filtrated by dust in the mechanism of bag - type collection was described, and the new technique of preset dust of initial layer of artificial dust was introduced emphatically.

Key words bag - type collection; initial layer of artificial dust; technique of preset dust